

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 539 869

②1 N° d'enregistrement national :

84 00913

⑤1 Int Cl° : G 01 F 1/68.

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 20 janvier 1984.

③0 Priorité DE, 22 janvier 1983, n° P 33 02 080.9.

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 30 du 27 juillet 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : LEYBOLD-HERAÉUS  
GMBH. — DE.

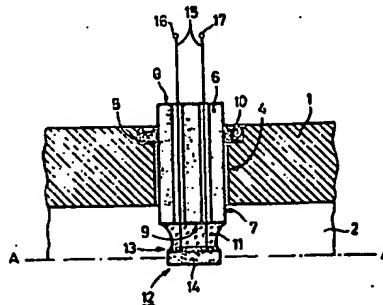
⑦2 Inventeur(s) : Gerhard Wiegleb, Helmut HeimeI, Rudi  
Röss et Albert Randow.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Beau de Loménie.

⑤4 Débitmètre de masse thermique, notamment pour gaz.

⑤7 L'invention se rapporte à un débitmètre de masse ther-  
mique qui sert en particulier pour les gaz corrosifs et très  
chauds. Il est composé d'un conduit muni d'au moins deux  
résistances de mesure. Au moins l'une de ces résistances est  
placée dans la veine de fluide. Au moins une source de chaleur  
est placée dans la zone d'influence des résistances de mesure,  
cette source pouvant être identifiée avec une résistance de  
mesure. Pour obtenir une résistance de longue durée à la  
corrosion en même temps qu'une haute sensibilité de réponse,  
il est prévu selon l'invention que : a) les résistances de me-  
sure 12 sont constituées chacune par une résistance en  
couche mince 13 sur un isolateur céramique 14, b) la résis-  
tance de mesure 12 est assemblée à un support céramique 6  
par une soudure au verre 13 et c) le support 6 est assemblé à  
son tour au conduit 1 par une soudure au verre 10.



L'invention se rapporte à un débitmètre de masse thermique, notamment pour gaz, comprenant un conduit d'écoulement muni d'au moins deux résistances de mesure variables en fonction de la température, destinées à être exposées au fluide en écoulement, dont au moins l'une est placée dans la section de la veine, au moins une source de chaleur disposée dans la zone d'influence des résistances de mesure, ainsi qu'un circuit d'analyse servant à transformer les valeurs ohmiques des résistances en grandeurs proportionnelles au débit.

Le principe de mesure des débitmètres de masse de ce genre peut être appelé "principe de l'anémomètre". Toutefois, jusqu'à présent, ce principe de mesure n'avait été appliqué que pour la mesure de vitesses d'écoulement dans des gaz pratiquement purs et à de basses températures des gaz.

On connaît, par l'article "Reverse flow sensing hot wire anemometer" ("anémomètre à fil chaud à détection de courant inverse"), publié dans le "Journal of Physics and Scientific Instruments", Vol. 5, Août/Septembre 1972, pages 849 à 852, un anémomètre de ce genre dans lequel deux fils fins possédant une résistance électrique variable en fonction de la température sont tendus de part et d'autre d'un fil chauffant, considéré dans le sens du courant. Lorsque le gaz est immobile, les deux résistances de mesure s'échauffent uniformément sous l'influence du fil chauffant, de sorte que l'indication est nulle. Toutefois, cet état de stabilité se modifie avec l'établissement du courant de gaz. Le principe de la mesure repose sur le fait que la résistance de mesure située en amont subit un refroidissement relatif sous l'effet du courant gazeux tandis que la résistance de mesure située en aval subit un échauffement additionnel sous l'effet de la transmission de chaleur en provenance du fil chauffant. La différence de valeur ohmique peut être transformée dans un circuit d'analyse en une

grandeur proportionnelle à la vitesse du courant. En règle générale, on utilise pour cela un circuit pont dont les particularités sont également décrites dans l'article précité.

5 Il est connu, par le brevet des E.U.A. US 2 645 117 d'utiliser le principe de l'anémomètre pour les mesures de fuites. Deux fils fins, chauffés par passage d'un courant continu, qui possèdent une résistance variable en fonction de la température, se trouvent dans différentes  
10 chambres d'un bloc de mesure. L'une des chambres est parcourue par le courant gazeux à mesurer, tandis que, l'autre chambre renferme une atmosphère gazeuse immobile destinée à fixer une valeur de référence. Ici également, le déséquilibre d'un circuit pont est utilisé pour pro-  
15 duire une grandeur de mesure ou une grandeur indiquée. On connaît, par le brevet des E.U.A. US 2 509 889 un altimètre différentiel pour avions qui travaille selon le principe de l'anémomètre et comprend deux thermistances placées de part et d'autre d'une résistance chauffante,  
20 considéré par rapport au sens du courant, et dont les niveaux de température se décalent par rapport à l'état d'équilibre lorsqu'elles sont léchées par un courant. Ici également, on détermine la vitesse du courant à partir de la différence des valeurs ohmiques, au moyen d'un  
25 circuit en pont.

Il est également connu d'utiliser des thermoéléments en remplacement des résistances de mesure ou des thermistances (demande de brevet de la République  
30 Fédérale d'Allemagne publiée sous le numéro DE-AS 20 52 645).

Toutefois, tous les anémomètres connus jusqu'à présent étaient affectés de l'inconvénient de ne pouvoir être utilisés que dans une atmosphère gazeuse très pure ou au moins à peu près pure, à des températures relative-  
35 ment basses (par exemple celle de l'air ambiant) parce qu'autrement, ils étaient rapidement détruits.

Lorsqu'on avait besoin de débitmètres pour températures élevées (au-dessus de 500 °K) et pour des gaz très corrosifs (vapeurs acides, chlore gazeux, etc.) on se servait jusqu'à présent de ce qu'on appelle des débit-

5 mètres à flotteur. Ceux-ci sont constitués par un tube légèrement conique à l'intérieur, dans lequel un flotteur en forme de fuseau est supporté par le gaz en circulation. En raison de la conicité du tube, la fente annulaire libre est plus ou moins grande selon la position

10 en hauteur du flotteur de sorte que la position en hauteur du flotteur constitue une mesure du débit. Alors que les débitmètres de ce genre donnent une indication optique suffisamment précise, la formation de signaux électriques proportionnels au débit reste problématique.

15 Les débitmètres de ce genre qui sont connus sont donc uniquement équipés de contacts de valeurs limites à fonctionnement optique ou inductif.

Les débitmètres qui sont construits selon le principe Doppler (optique ou acoustique) exigent en général une très grande dépense de moyens techniques, compte

20 tenu des nécessités de traitement électronique des signaux de sorte que, en raison du prix de revient élevé qui est lié à cette complexité, ils ne sont utilisés que pour des mesures spéciales, par exemple, pour les mesures Doppler au laser dans les flammes.

25

Naturellement, on n'a pas manqué de tenter d'appliquer également le principe de l'anémomètre pour la mesure de débits massiques dans le cas de gaz corrosifs et/ou de gaz à haute température.

30 C'est ainsi qu'il est connu, par exemple, par un document intérieur de la Firme Brooks (E.U.A) intitulé "Thermal Mass Flow Meters" ("débitmètres de masse thermiques") d'entourer un conduit d'écoulement d'une résistance chauffante placée dans sa région centrale et de

35 deux résistances de mesure placées de part et d'autre de cette résistance chauffante dans le sens de l'écoule-

ment. En particulier, pour la mesure des gaz corrosifs, les surfaces qui entrent en contact avec le gaz sont réalisées, soit en acier inoxydable, soit en une matière plastique possédant une résistance appropriée. Lorsque  
5 le gaz est immobile, la chaleur se transmet en quantités égales de la résistance chauffante aux deux résistances de mesure, de sorte que, sur ces dernières, on trouve des températures égales. Toutefois, avec l'accroissement de la vitesse d'écoulement, le conduit est refroidi dans  
10 la région de la résistance de mesure placée en amont et subit un échauffement additionnel dans la région de la résistance de mesure placée en aval. La différence des valeurs ohmiques constitue ici également une mesure du débit massique.

15 Bien que, dans le document précité, il soit question d'une réponse instantanée, le dispositif connu est beaucoup trop inerte pour un grand nombre de cas d'application, ce qui s'explique, d'une part, par l'inertie thermique du conduit et, d'autre part, par les médiocres coefficients de transmission de la chaleur en direction des résistances de mesure. Ici, on doit tenir compte du fait que tous les éléments électriques doivent être isolés électriquement les uns des autres et que,  
20 malheureusement les bons isolants électriques sont également de bons isolants thermiques, c'est-à-dire de mauvais conducteurs de la chaleur. Du fait que les gradients de température sont inévitablement élevés, le dispositif connu n'est également approprié que pour être utilisé à des températures relativement basses (on cite  
25 la température ambiante).  
30

L'invention se donne donc pour but de réaliser un débitmètre de masse travaillant sur le principe de l'anémomètre qui soit résistant aux gaz agressifs et/ou aux gaz à hautes températures tout en assurant une réponse  
35 instantanée aux variations des débits massiques et de la température des gaz en circulation.

Selon l'invention, la solution du problème posé est obtenue par les caractéristiques suivantes :

5 a) Les résistances de mesure variables en fonction de la température sont constituées chacune par une résistance en couche mince qui est placée sur un isolateur céramique ;

b) la résistance en couche mince, avec son isolateur, est fixée à un support céramique par une soudure au verre ; et

10 c) le support est de son côté assemblé au conduit, directement ou indirectement et à joint étanche, par une soudure au verre.

Avec les caractéristiques selon l'invention, on obtient un débitmètre de masse qui est exposé au fluide à mesurer dans toute la mesure possible sans que la  
15 couche résistante proprement dite ne soit cependant directement exposée au milieu éventuellement agressif. Cette couche est protégée, d'un côté, par l'isolateur céramique sur lequel elle est fixée et, sur l'autre côté,  
20 par la soudure au verre par laquelle la résistance à couche mince est fixée au support céramique. L'isolateur céramique aussi bien que la soudure au verre sont suffisamment minces ou possèdent une conductibilité thermique suffisante pour que la constante de temps de la résistance de mesure soit suffisamment courte.  
25

Dans le cas où seule l'une des résistances de mesure est disposée dans la section de la veine, cette résistance est celle qui fournit le signal de mesure proprement dit. Les influences secondaires du conduit d'écoulement, en particulier celles qui pourraient résulter  
30 de son inertie thermique, sont entièrement exclues. Le support céramique évite de son côté que la mesure ne soit notablement influencée par la conduction de la chaleur en provenance de la surface externe du conduit d'écoulement. Ce support est lui aussi assemblé au conduit  
35 d'écoulement à joint étanche par l'intermédiaire d'une

soudure au verre, ce qui garantit une isolation thermique et électrique suffisante en même temps qu'une haute résistance à la corrosion. L'assemblage peut être réalisé indirectement ou directement, c'est-à-dire que le support  
5     ceramique peut être assemblé par l'intermédiaire de la soudure au verre à un bouchon vissé qui est engagé dans le conduit d'écoulement ou, que le support peut aussi bien être directement assemblé à la paroi du conduit par la soudure au verre.

10           Les résistances de mesure en couche mince qui sont en soi bien connues pour la mesure des températures, n'avaient pas encore été utilisées jusqu'à présent pour les anémomètres ni pour les mesures de débits massiques ; en particulier, on ne les avait pas encore utili-  
15     sées avec chauffage par passage direct du courant pour les porter à une température constituant une base du principe de l'anémomètre.

En ce qui concerne l'assemblage effectué au moyen de la soudure au verre, il existe deux solutions  
20     principales. D'une part, dans le cas où l'isolateur est dirigé vers l'extérieur, la résistance en couche mince peut être soudée à la surface terminale du support au moyen de la soudure en verre, de manière que la résistance en couche mince soit entièrement recouverte et protégée par l'isolateur tandis que la protection sur les cô-  
25     tés est assurée par la soudure au verre. Une possibilité de ce genre est représentée sur la figure 1. En variante, dans le cas où c'est la résistance en couche mince qui est dirigée vers l'extérieur, l'isolateur peut être  
30     assemblé à la surface terminale du tube céramique par l'intermédiaire de la soudure au verre, la soudure au verre qui mouille la résistance en couche mince servant également à la protection de cette résistance. Cette possibilité est représentée sur la figure 2.

35           D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la descrip-

tion qui va suivre de plusieurs exemples et possibilités de modification, donnée en regard des dessins annexés sur lesquels,

les figures 1 et 2 représentent différentes formes de réalisation du capteur de mesure lui-même, en ce qui concerne la disposition de l'isolateur céramique muni de la résistance en couche mince par rapport au support ;

les figures 3, 5 et 7 illustrent différentes possibilités de montage du capteur de mesure selon les figures 1 et 2 dans un conduit d'écoulement ; et

les figures 4, 6 et 8 illustrent les caractéristiques des dispositifs de mesure selon les figures 3, 5 et 7.

Sur la figure 1, on a représenté un segment de paroi d'un conduit d'écoulement 1 qui, comme représenté sur les figures 3, 5 et 7, est réalisé sous la forme d'un tronçon de tube cylindrique présentant un alésage longitudinal 2 et un axe A-A, de sorte que le maximum de la vitesse de l'écoulement se trouve sur l'axe A-A. L'alésage longitudinal 2 est muni à ses deux extrémités de filetages de raccordement 3 destinés à recevoir des raccords de tubes correspondants. Le sens de l'écoulement est désigné sur les figures 3, 5 et 7 par la flèche désignée par la lettre "m", pour rappeler qu'il s'agit d'un débit massique. Comme matière pour le conduit, on utilise un métal choisi dans le groupe comprenant le nickel, les alliages à forte teneur en nickel (=Hastelloy C ; Monel), le tantale et le titane et le conduit d'écoulement est de préférence d'une construction massive.

Dans le conduit 1, est ménagé un perçage radial 4 muni d'un lamage 5 formant un épaulement, dont la fonction est décrite de façon plus détaillée dans la suite. Dans l'alésage 4, est engagé un support 6 présentant une surface externe cylindrique 7 et deux surfaces terminales 8 et 9 planes, perpendiculaires à son axe, ce sup-



port étant composé d'une matière céramique solide, par exemple d'une porcelaine technique. La surface externe 7 est assemblée au conduit 1 dans la région du lamage 5 par une soudure au verre 10 et la surface terminale intérieure 9 est de même assemblée, également par une soudure au verre 11, à une résistance de mesure 12 qui est constituée par une résistance en couche mince 13 et par un isolateur céramique 14, sur lequel la résistance en couche mince 13 a été précédemment déposée par l'un des procédés de dépôt habituels (vaporisation sous vide, pulvérisation cathodique).

La résistance en couche mince est ici composée de platine, l'isolateur 14 possédant une surface d'environ  $4 \text{ mm}^2$ . A la résistance en couche mince 13 aboutissent deux conducteurs électriques 15 qui sont enfilés à travers des perçages correspondants ménagés dans le support 6, parallèles à l'axe de ce dernier et qui ne sont pas représentés de façon plus détaillée. Les conducteurs 15 mènent à des bornes de connexion 16 et 17 de sorte que la résistance en couche mince 13 peut être intercalée dans la branche d'un pont de mesure.

La résistance de mesure 12 se trouve dans la région de l'axe A-A et elle est située à une distance de la surface terminale intérieure 9 d'environ  $2 \text{ mm}$ , mais qui est pratiquement sans importance critique. Cet espace est rempli de la soudure au verre 11 déjà décrite, qui mouille bien aussi bien la résistance de mesure 12 que la surface terminale 9 de sorte que la résistance en couche mince 13 est protégée de tous côtés par une matière céramique ou par une matière minérale. En réalité, la soudure au verre pénètre légèrement dans les perçages parallèles à l'axe du corps support 6, ce qu'on a cependant omis de représenter ici pour simplifier.

En tant que soudure au verre, on préfère un verre au borate de plomb de la firme Schott Glaswerke de Mayence (République Fédérale d'Allemagne) qu'on peut se

procurer dans le commerce sous la désignation de verre n° 84 72 et qui forme avec les éléments à réunir un assemblage possédant une excellente résistance à la chaleur. La température de soudage est d'environ 410 °C. La température de résistance en régime permanent se trouvant à un niveau d'environ 300 °C.

Sur la figure 2, les éléments identiques à ceux de la figure 1 sont désignés par les mêmes références. Toutefois, la résistance de mesure 12 est réalisée dans une disposition sur chant, c'est-à-dire que la résistance en couche mince 13 est disposée sur une face frontale étroite du corps isolant 14 et que cette résistance est directement en contact avec la surface frontale 9 du corps isolant 6. La soudure au verre 11 (de mêmes propriétés) recouvre ici avec un bon mouillage la totalité des surfaces libres de la résistance de mesure 12, c'est-à-dire qu'elle recouvre également la résistance en couche mince 13. De cette façon, la résistance en couche mince 13 est exposée au fluide en écoulement à mesurer de façon encore plus directe que dans la réalisation de la figure 1, cependant qu'en même temps, l'influence de la chaleur sur le support 6 est encore davantage réduite.

Sur la figure 3, deux résistances de mesure 12a et 12b sont disposées à une distance axiale mutuelle "D", l'une des résistances (12a) se trouvant dans la section de la veine (de préférence dans la région de l'axe A-A) et l'autre (12b) dans un trou borgne 18 situé en dehors de la section de la veine. De cette façon, la résistance de mesure 12a est exposée au courant et à la température du fluide en circulation tandis que la résistance de mesure 12b n'est exposée qu'à la température de ce fluide. La résistance de mesure 12b "voit" dans une certaine mesure la température du fluide à mesurer. Les deux résistances de mesure sont chauffées à une température définie  $T_1$  par une tension de pont constante  $U_{pr}$ .

En l'absence d'un débit massique ( $m = 0$ ) les deux capteurs prennent la même température et ils prennent donc également des valeurs ohmiques identiques, de sorte que la différence de tension de pont  $\Delta U_{Br}$  est également nulle. En réponse à un écoulement, la température de la résistance de mesure  $12a$  qui est plongée dans le courant varie tandis que la résistance de mesure  $12b$  conserve sa température du fait qu'elle est abritée dans un trou borgne. Le déséquilibre du pont de mesure  $19$  qui résulte de cet effet est lié au débit massique  $m$  par une relation de proportionnalité et peut être indiqué par un appareil indicateur  $20$ .

Sur la figure 4, on a représenté la caractéristique du dispositif selon la figure 3 et, à savoir, pour les deux sens de l'écoulement. La partie positive des abscisses est affectée au sens de l'écoulement indiqué sur la figure 3 par la flèche "+m" tandis que la partie négative des abscisses "-m" correspond au sens d'écoulement inverse (renversement du courant). On peut reconnaître, d'une part que la différence de tension de pont  $\Delta U_{Br}$  ne permet pas de détecter le sens de l'écoulement. D'autre part, et contrairement aux caractéristiques selon les figures 6 et 8, on obtient des caractéristiques entièrement univoques qui ne présentent pas de maximum ni de minimum, de sorte qu'on peut toujours déterminer un débit massique univoque. La région linéaire est indiquée par "x" ; cette région qui est généralement utilisée pour les mesures habituelles. Toutefois, il est également possible d'introduire, par une commande à microprocesseur, des valeurs de correction pour la partie non linéaire des caractéristiques de manière que cette partie des caractéristiques puisse elle aussi être utilisée pour les mesures, par exemple, dans la zone des grandes vitesses.

Dans l'exemple de réalisation selon la figure 5, les deux résistances de mesure  $12a$  et  $12b$  sont dispo-

sées dans la section de la veine, c'est-à-dire sur l'axe A-A de l'alésage longitudinal 2. Dans ce cas également, l'échauffement des deux résistances de mesure se produit par passage direct du courant et le circuit pont 19 est  
5 identique à celui de la figure 3. En l'absence d'un débit massique ( $m = 0$ ), la tension de mesure  $\Delta U_{Br}$  est également nulle. Sous l'effet d'un débit massique, la résistance de mesure  $12a$  située en amont est refroidie tandis que la résistance de mesure  $12b$  située en aval subit un  
10 échauffement additionnel résultant d'une transmission de chaleur. La variation de résistance qui en résulte peut également être indiquée au moyen du pont de mesure 19 et de l'appareil indicateur 20. Dans ce cas, en cas de renversement de l'écoulement, la variation de résistance subit également une inversion de signe, c'est-à-dire qu'il se produit une tension de mesure négative dans la région de la partie négative des abscisses. Dans ce cas, seule est utilisable la région linéaire de la courbe selon la  
15 figure 6, qui montre que la caractéristique présente un minimum et un maximum en dehors de la région linéaire de sorte qu'on obtient ici une tension de mesure à double signification. D'un autre côté, la détection du sens de l'écoulement peut être importante pour certains cas d'application, de sorte que cette disposition présente également ses avantages. On peut modifier la pente de la caractéristique dans la région linéaire "x" en modifiant la distance axiale "D" séparant les résistances de mesure  $12a$  et  $12b$ .  
20

Dans l'exemple de réalisation selon la figure  
30 7, deux résistances de mesure  $12a$  et  $12b$  sont ici également placées dans la région de l'axe A-A de l'alésage longitudinal 2, c'est-à-dire dans la section de la veine ; toutefois, elles ne sont pas chauffées par le passage d'un courant. Entre les résistances de mesure  $12a$  et  
35  $12b$ , se trouve, à la distance  $D/2$  et également sur l'axe A-A, une troisième résistance de mesure  $12c$  dont la cons-

truction est identique à celles des résistances de mesure 12a et 12b. Toutefois, dans ce cas, la résistance de mesure 12c est utilisée exclusivement comme élément chauffant, c'est-à-dire qu'elle est chauffée par passage direct d'un courant. Tant qu'il ne s'écoule pas de débit massique, les deux résistances de mesure 12a et 12b reçoivent la même quantité de chaleur et l'indication est zéro. Dans le cas d'un débit massique, la résistance de mesure 12a située en amont est refroidie et la résistance de mesure 12b située en aval est chauffée par la transmission de chaleur, de sorte qu'il se produit un déséquilibre dans le pont de mesure 19 et une indication sur l'appareil indicateur 20.

Dans le dispositif selon la figure 7, on obtient également une caractéristique qui est représentée sur la figure 8 et qui est dans une large mesure analogue à celle de la figure 6. On peut reconnaître que, d'une part, on peut déterminer le sens de l'écoulement et que, d'autre part, en dehors de la région linéaire, les résultats de mesure possèdent deux interprétations.

Comme domaine d'application, on peut envisager les industries chimiques ainsi que la production d'énergie, domaines dans lesquels il est nécessaire de mesurer de façon aussi précise que possible des débits massiques pour fluides corrosifs à haute température. La lettre "m" indique le débit massique, c'est-à-dire  $dm/dt$ .

Bien entendu, diverses modifications pourront être apportées par l'homme de l'art aux dispositifs qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs sans pour cela sortir du cadre de l'invention.

## R E V E N D I C A T I O N S

- 1 - Débitmètre de masse thermique , notamment pour gaz, comprenant un conduit d'écoulement muni d'au moins deux résistances de mesure variables en fonction de la température, destinées à être exposées au fluide en écoulement dont au moins l'une est placée dans la section de la veine, au moins une source de chaleur placée dans la zone d'influence des résistances de mesure, ainsi qu'un circuit d'analyse servant à transformer les valeurs ohmiques des résistances en grandeurs proportionnelles au débit, caractérisé en ce que : a) les résistances de mesure variables en fonction de la température (12, 12a, 12b, 12c) sont constituées chacune par une résistance en couche mince (13) qui est placée sur un isolateur céramique (14), b) la résistance en couche mince (13), avec son isolateur (14) est fixée à un support céramique (6) par une soudure au verre (11) et c) le support (6) est de son côté assemblé au conduit (1), directement ou indirectement et à joint étanche, au moyen d'une soudure au verre (10).
- 2 - Débitmètre de masse thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le support (6) est constitué par un tube céramique à surface terminale plane (9) et en ce que, dans le cas où l'isolateur (14) est dirigé vers l'extérieur, la résistance en couche mince (13) est soudée à la surface terminale (9) par la soudure au verre (11) de telle manière que la soudure au verre remplisse entièrement l'espace compris entre la résistance en couche mince et la surface terminale.
- 3 - Débitmètre de masse thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le support (6) est un tube céramique à surface terminale plane (9) et en ce que, si la résistance en couche mince (13) est dirigée vers l'extérieur, l'isolateur (14) est assemblé à la surface terminale par la soudure au verre (11).

4 - Débitmètre de masse selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend deux résistances de mesure ( $12a$ ,  $12b$ ) dont l'une ( $12a$ ) est placée dans la section de la veine et l'autre ( $12b$ ) est placée en dehors de la section de la veine, dans un trou borgne (18) du conduit (1), et en ce que les deux résistances de mesure ( $12a$ ,  $12b$ ) peuvent être chauffées par passage direct d'un courant.

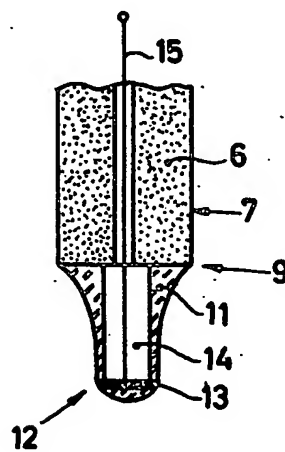
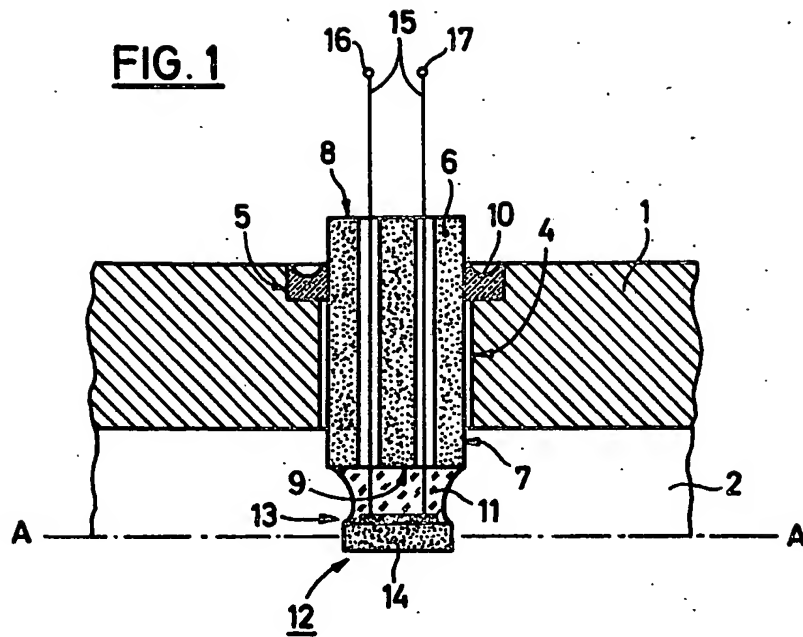
5 - Débitmètre de masse selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend deux résistances de mesure ( $12a$ ,  $12b$ ) qui sont toutes deux placées dans la section de la veine du conduit (1) et en ce que les deux résistances de mesure ( $12a$ ,  $12b$ ) peuvent être chauffées par passage direct d'un courant.

6 - Débitmètre de masse thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend trois résistances de mesure ( $12a$ ,  $12b$ ,  $12c$ ) disposées en une rangée, qui sont toutes disposées dans la section de la veine du conduit (1), et en ce que la résistance de mesure centrale ( $12c$ ) peut être chauffée par passage direct du courant.

7 - Débitmètre de masse thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il utilise comme soudure au verre un verre au borate de plomb possédant un coefficient de dilatation  $\alpha_{20/300} = 12,0 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

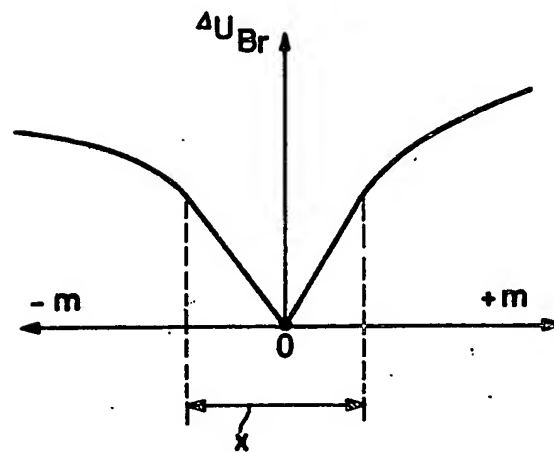
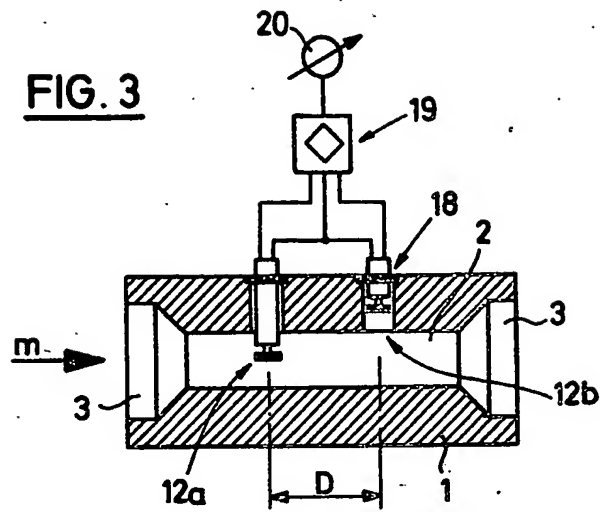
8 - Débitmètre de masse thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conduit (1) est réalisé en un métal choisi dans le groupe comprenant le nickel, les alliages à haute teneur en nickel (= Hastelloy C ; Monel), le tantale et le titane et en ce qu'il est d'une construction massive.

**FIG. 1**

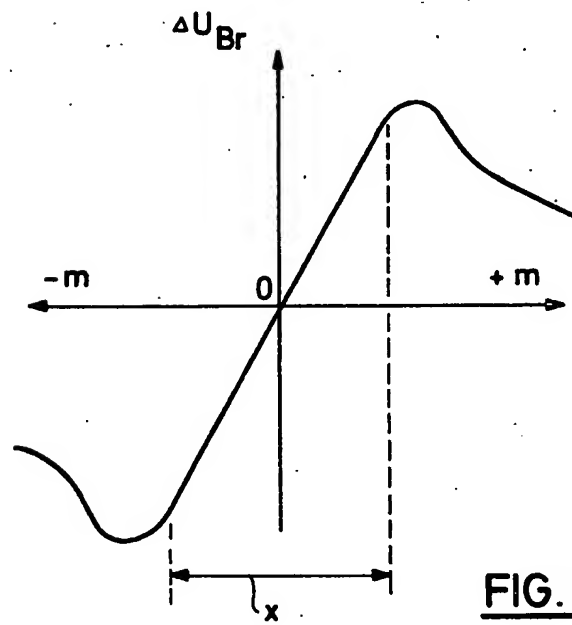
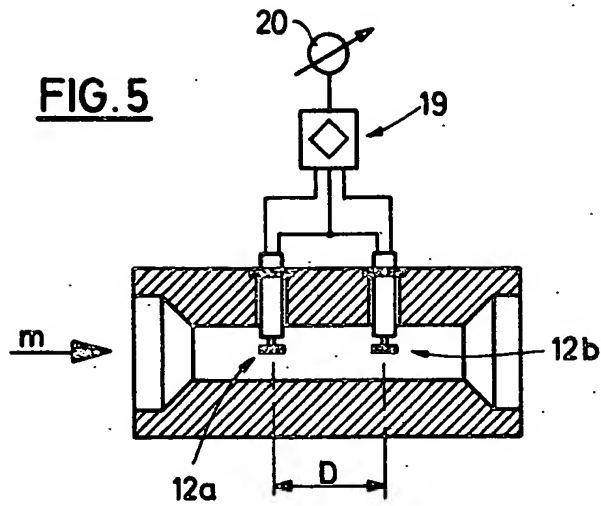


**FIG. 2**

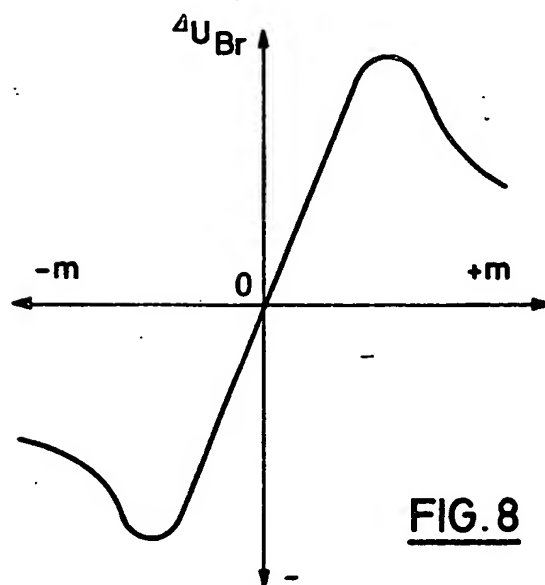
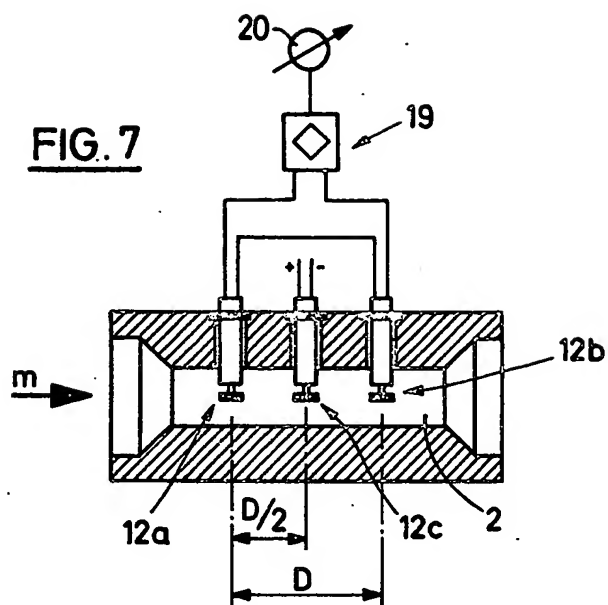


FIG. 3FIG. 4

**FIG. 5**



**FIG. 6**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**